

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-67521

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)3月26日

G 01 D 5/26
G 01 B 11/00Z-7905-2F
C-7625-2F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全18頁)

⑮ 発明の名称 変位を測定する装置及び方法

⑯ 特 願 昭61-210511

⑰ 出 願 昭61(1986)9月5日

優先権主張 ⑱ 1985年9月6日 ⑲ イギリス(GB) ⑳ 8522202

⑳ 発 明 者 ゴードン リーズ ジ イギリス国 メルシーサイド, ヘズウオール ブリムステ
ヨーンズ ージ クローズ 17㉑ 発 明 者 ジェームズ ロドビコ イギリス国 エル60 6アールエツクス メルシーサイ
モルツジ ド, ヘズウオール, サーステーストン ロード, ラトリッ
グ (番地なし)㉒ 出 願 人 ザ ユニバーシティー イギリス国 エル69 3ビーエツクス, リバプール, アバ
オブ リバプール ークロンビー スクエア セニット ハウス (番地なし)㉓ 代 理 人 弁理士 山本 秀策
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

変位を測定する装置及び方法

2. 特許請求の範囲

1. 複数の波長に於ける入射した放射の強度を検出できる検出器への通路に沿って多色光信号を伝播する光源、及び対象と共に運動するように該対象に機械的に結合された放射変調手段を備え、該対象の変位によって、該検出器に到達する光の分布スペクトル成分が変化するように該放射変調手段が該通路内で変位するようにされている対象の変位を測定する装置。

2. 前記放射変調手段が、伝播された波長の強度を異なる度合いに減衰させるフィルタを備え、前記光源によって伝播されている放射信号を該フィルタが遮断する度合いが変化するように前記対象の運動によって該フィルタが変位するように該フィルタが該対象に機械的に結合されている特許請求の範囲第1項に記載の装置。

3. 前記フィルタが、高温セラミック膜により

覆われているガラスを備えている特許請求の範囲第2項に記載の装置。

4. 前記放射変調手段が、伝播された波長の強度を異なる度合いに減衰させる第2のフィルタを備え、該第2のフィルタは、前記光源によって伝播されている放射信号を該フィルタが遮断する度合いが物体又は対象の温度の変化によって変化するような関係で該物体又は対象に設置されるようにされている特許請求の範囲第2項又は第3項に記載の装置。

5. 前記フィルタが、前記放射の変調のみならず焦点作用をも行う有色透明の球の形状である特許請求の範囲第2項に記載の装置。

6. 前記フィルタが、延伸した列内に配設された複数の有色透明の球を備えている特許請求の範囲第5項に記載の装置。

7. 前記複数の球が直状の列に配設され、前記対象の変位によって前記通路に対する該球の列全体の長手方向の変位が生ずるように、該列内の隣接する球の周面が点接触又は点係合している特許

請求の範囲第6項に記載の装置。

8. 前記複数の球が、回動可能な物体又は対象の角変位を検出するために、中心が該物体又は対象の回動軸上にある円状路の回りに配設されており、隣接する球の周面が点接触又は点係合している特許請求の範囲第6項に記載の装置。

9. 前記有色透明の球が複数であり、異なったスペクトル特性を有し、測定すべき複数の変位の各々に応じて前記通路内で複数の異なった方向に対応して運動するようにされている特許請求の範囲第5項に記載の装置。

10. 前記フィルタが、入射放射に対して少なくとも部分的に透明であるシリンダ状素子を備えている特許請求の範囲第2項に記載の装置。

11. 前記シリンダ状素子の色吸収特性が該素子の長さ方向に沿って変化する特許請求の範囲第10項に記載の装置。

12. 前記フィルタが、有色部分と透明部分とを有し、該有色部分と透明部分と間の変り目が該素子の長軸に対して斜めに延伸する鋭い端に現れ

くできるように、該対象の既知の変位を用いて予め較正されている特許請求の範囲第1項から第15項のいずれかに記載の装置。

17. 前記検出器が、少なくとも2個の色受容器を用いて前記放射変調手段から入射する光の色をモニタするようにされ、該色受容器はそれぞれ、該受容器の出力信号 X 、 Y がそれぞれ $X = \int P(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$ 及び $Y = \int P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$ に対応するような応答特性を有しており、そのために色度図中の x 及び y の値が後者の信号の簡単なアナログ処理によって計算することができ、 $P(\lambda)$ が波長 λ に於けるスペクトルパワー分布であり、 $\bar{x}(\lambda)$ 及び $\bar{y}(\lambda)$ が該受容器のそれぞれの応答特性に対応する等色関数である特許請求の範囲第1項から第15項のいずれかに記載の装置。

18. 前記色受容器が並行して用いられる特許請求の範囲第17項に記載の装置。

19. 前記色受容器が順次的に用いられる特許請求の範囲第17項に記載の装置。

20. 前記色受容器の各々が異なった色応答特

性有する有色フィルタを備えている特許請求の範囲第11項に記載の装置。

13. 前記フィルタが、有色顔料を有し、該有色顔料の密度が該素子の長さに沿って減少している透明なシリンダ状素子を備えている特許請求の範囲第11項に記載の装置。

14. 前記フィルタが、入射放射に対して少なくとも部分的に透明である円錐状素子を備えている特許請求の範囲第2項に記載の装置。

15. 前記光源から前記放射変調手段への伝播及び該放射変調手段から前記検出器への光の伝播が、該放射変調手段が運動自在である間隙によって一端が隔てられたそれぞれの光ファイバによって行われる特許請求の範囲第1項から第14項のいずれかに記載の装置。

16. 前記検出器が、前記放射変調手段が前記対象によって移動させられるのに従って、2個の別々の所定の波長に於ける入射光の強度の比をモニタするようにされており、該2波長に於ける測定された比を該対象の予め較正された変位に等し

性を有する有色フィルタを備えている特許請求の範囲第17項乃至第19項のいずれかに記載の装置。

21. 色度ダイアグラム中の値 x 及び y を確立する手段が、値 $x = X / (X + Y)$ 及び $y = Y / (X + Y)$ をそれぞれ確立する処理素子を備えている特許請求の範囲第20項に記載の装置。

22. 前記検出器がフーリエ変換分光計を備えている特許請求の範囲第1項乃至第14項のいずれかに記載の装置。

23. 前記フーリエ変換分光計が、前記放射変調手段から光を受ける部分的に伝播性の振動する鏡、及び該振動する鏡の前方及び背後にそれぞれ離隔されている1対の鏡から光干渉パターンを受ける単一の検出器を備えている特許請求の範囲第22項に記載の装置。

24. 対象と共に運動可能に該対象に結合された放射変調手段に対して多色光線を導くこと、該対象の変位によって、該放射変調手段によって伝

播された光の分布スペクトル成分が変化するように該放射変調手段が該光線の通路内で変位するようにされており、該放射変調手段によって伝播された光の複数の異なる波長に於ける強度を検出して該変位を測定することを包含する対象の変位を測定する方法

25. 前記放射変調手段によって伝播された光の所定の2波長に於ける強度を測定すること、該2波長に於ける強度の比を計算すること、該比と、異なる変位に於ける比の較正された測定との比較によって該放射変調手段の変位を、従って、対象の変位を計算することを包含する特許請求の範囲第24項に記載の方法。

26. 必要な測定の感度に応じて、強度の複数の比が計算される特許請求の範囲第25項に記載の方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、対象の変位を測定する装置及び方法に関する。

化するように該放射変調手段が該通路内で変位するようにされている対象の変位を測定する装置が提供され、そのことにより上記目的が達成される。

また、本発明の第2の面によって、対象と共に運動可能に該対象に結合された放射変調手段に対して多色光線を導くこと、該対象の変位によって、該放射変調手段によって伝播された光の分布スペクトル成分が変化するように該放射変調手段が該光線の通路内で変位するようにされており、該放射変調手段によって伝播された光の複数の異なる波長に於ける強度を検出して該変位を測定することを包含する対象の変位を測定する方法が提供され、そのことにより上記目的が達成される。

本明細書に於いて「多色光」とは、可視又は非可視の電磁放射のいずれか或いはどちらをも含む多波長(multiwavelength)の電磁放射を包含するものとする。

多色光源は、例えば白色光信号を発することができる。対象の変位は放射変調手段によって白色光信号の「色変調(colour modulation)」となる。

(従来の技術及びその問題点)

変位測定システムとしては、測定操作が単一波長に於ける光強度の絶対測定であるものが知られている。そのようなシステムは、特に光ファイバを用いるシステムは、劣化し易く、しかも小さな欠陥によって信頼性が失われ易い。

共振特性が変位の関数として変化する光学的共振構造を用いた変位測定も知られている。しかし、そのような構造は比較的複雑であり、しかも高価である。

本発明の目的は、従来のシステムに於ける問題点及び欠陥を改善し得る変位を測定するための装置及び方法を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

本発明の第1の面によって、複数の波長に於ける入射した放射の強度を検出できる検出器への通路に沿って多色光信号を伝播する光源、及び対象と共に運動するように該対象に機械的に結合された放射変調手段を備え、該対象の変位によって、該検出器に到達する光の分布スペクトル成分が変

そして、この「色変調」のスペクトル量が解析されて、それを起こした対象の変位が測定される。

幾つかの実施態様では、検出器上流での「色分解」は、プリズム、回折格子等の通常の手段によって行うこともできる。そして、実際の検出は、電荷結合アレイ等の通常の装置によって、或いは感光要素をスweepすることによって行うことができる。検出器の電氣的出力は、必要ならばマイクロプロセッサ等により処理するようにしてもよい。

信号解析の最も簡単な形態は、光の2個の別々の波長の強度比のモニタである。他の可能な形態に於いては、検出器に到達した光の実際の色が定量化される。マイクロプロセッサを用いたパターン認識処理を含む、より複雑な解析では多重パラメータ又は多倍精度測定を含むことができる。

光源から放射変調手段への及び放射変調手段から測定器への光の伝播は、該放射変調手段が運動自在である間隙によって一端が隔てられたそれぞれの光ファイバによって行われるようにするのが

好ましい。

最も簡単な場合では放射変調手段は、伝播された波長の強度を異なった度合いにまで減衰させるフィルタストリップ(strip)を備えていてもよい。対象の運動によって該フィルタが変位して、光源によって伝播された光信号を該フィルタが阻止する度合いが変わるようにされている。

フィルタは、高温及び／又は腐食性等の過酷な環境に於いても耐えられるようにしておくのが好ましい。

そのようなフィルタの一例としては、光学的活性手段として高温セラミック膜(glaze)でコートされたガラスを備えたものがある。そのような装置は、特別の設備によらずとも容易に製作することができ、幅広く所望のスペクトル特性が容易に得られ、高価でなく、しかも、(科学用として通常用いられている高精度の帯域を有し、微妙であり、高価な精密フィルタと比較して)劣化しにくい。従って、白色光のスペクトル量を変える、即ち、或る波長を他のものより多く減衰させ得る。

対する感度が欠けていることが許されない、拡張された長さスケール等の他の応用分野もある。

これらの問題を解消するために、単なるフィルタストリップを有色(coloured)透明の球と置き換えてもよい。これによって、(フィルタストリップの場合と同様に)光のスペクトル量を変調するという目的に加えて、同時に焦点又は集光(focussing)作用を行うという二重の目的が達成される。この焦点作用は、濾波された波長の強度を減少する一方、球によって伝播される波長の強度を増大するようにすることができる。これによって、変位による相対強度の変化がより線型となり、それにより、感度を損なうことなく範囲が拡大される。

そのような有色球の複数個を用いて、複数の方向の変位の測定や、単一球より大きい距離に対する変位の測定を行うことができる。

そのような有色球の一例としては、所謂「ルビー球」がある。これは、入手が容易であり、寸法精度が良く、安価である。

スペクトル量を測定すれば、較正することによって光信号を伝播している光ファイバに対するフィルタの変位(従って、対象の対応する変位)を測定することができる。或る(普通は赤外の)波長はフィルタには影響されないで、これらの波長の光はシステムの状態を示す(address)のに用いることができる。

変位の粗及び密の分解は、モニタする波長を適切に選択することによってなされる。

直交して運動し、異なるスペクトル応答を有する2個のフィルタを用いることにより、同一の検出システムにより、そして光ファイバを付加することなしに同時にモニタできる。これは、適当なソフトによる制御を用いることにより、変位変換器の温度補償を達成する手段として用いることができる。

「広帯域フィルタ変調」を与えるフィルタを用いることが多くの場合に適切であっても、光ファイバ間の間隙内に於けるフィルタの行程の始めに於いては不感領域が存在する。変位領域の部分に

(実施例)

添付図面を参照して、本発明の実施例を以下に説明する。

第1図には、広帯域電磁放射源10及び凹面鏡12が模式的に示されている。それらの組合せによって、可視光及び／又は非可視光の放射を含むことのできる多色光が第1の光ファイバ14の一端に照射される。第1の光ファイバ14の他端の近傍には青色フィルタ16である放射変調素子が配設されている。該フィルタは低い光特性のものであり、セラミックの膜により着色されており、安価で、耐久性が良く、耐食性及び高温の環境にも耐えられるようにされている。該フィルタは、後述するように、変位を測定すべき物体(不図示)に取り付けられている。

該フィルタを通過後、光は第2の光ファイバ18にそして屈折装置20に入る。屈折装置20は複数のプリズムを有するものであり、光をその成分に分ける。各成分の強度は、マイクロプロセッサ(不図示)にケーブル24によって接続されたCCDア

レイ等の通常の検出器22によって測定される。該マイクロプロセッサは、種々の波長の入ってきた光の強度を計算する。

第2図(a)乃至第2図(d)に模式的に示されているように、青色フィルタ16は取り付けられている物体が運動するにつれて運動する。第2図(a)では、該フィルタは光ファイバ14、18を通過している光路と交差していない。第2図(b)乃至第2図(d)では、フィルタは光路と(量はそれぞれ異なっているが)部分的に交差している。第2図(e)では、光ファイバ14、18間を通る光の全てはフィルタ16を通過している。

該フィルタの様々な変位Xに対する伝播された光の波長λ対強度Iの関係をプロットしたものを第3図に示す。第2図(b)乃至第2図(e)に於けるフィルタ16の変位に対応する位置を $X_1 \sim X_5$ でそれぞれ示している。この曲線と既知の変位とから較正曲線を得ることができる。第4図にそのような4本の曲線を示す。

第4図は、変位に対する2種の波長の強度の比

をプロットしたものを示している。選択された2種の波長は B/A 、 C/B 、 D/C 、及び E/D で示されている。ここで、 B/A は波長B及び波長Aの強度の比である。 C/B 、 D/C 、及び E/D についても同様である。波長A～Eは第3図に示している。従って、強度の較正が一度行われているならば、フィルタ16の変位を計算するために必要なことは、発せられた光の異なる2種の波長に於ける強度を測定することだけである。それらの比を計算し、それと較正值とを比較するだけで変位が求められる。

概略の操作範囲は第4図に示されている。異なった波長を選択することによって、装置の感度が異なることが理解されるであろう。例えば、波長Bと波長Cとを用いるならば、装置の感度は比較的粗いものとなる。一方、変位軸の7～8の範囲では、波長Dと波長Cとによって感度は細かいものとなる。

従って、第4図に於いて、比 C/B は粗い感度の測定に用いることができ、 D/C の曲線の垂直

に近い部分は細かな感度の測定に用いることができ、略水平の比 B/A は「システム状態」のモニタ用に用いることができ、更には、比 E/D はクロスチェック(crosscheck)信号として用いることができる。

較正曲線を作成する代わりに、較正測定の結果をマイクロプロセッサ又はコンピュータに入力しておき、較正が行われた波長の受け取った強度信号を比較することによってフィルタの変位を計算できることが、理解されるであろう。また、変位の異なった範囲を測定するためには異なった波長が用いられることも理解されるであろう。

本発明の第2の実施例を第5図に模式的に示す。この装置では、変調素子である青色フィルタ16がルビー球16'に代えられている点が第1図に示したものとは異なっている。この装置も第1の実施例と同様に用いられ、ある波長領域内の選択的吸収によって変調が起こされており、装置は既知の変位を用いて様々な波長に対して較正されている。変位の各種の既知の値に対する波長対強度をプロ

ットしたものを第6図に示している。それらの曲線から得られた、変位に対する2種の波長の強度の比の較正曲線を第7図に示している。

第1の実施例と同様に、基準波長はA～Eとされており(第1の実施例のものと同じである必要はない)、 B/A 、 C/A 及び D/A 並びに D/E の意味は第1の実施例と同様である。

第6図から、該球のフィルタ機能によって波長Aに於ける強度の減少が起こり、該球の焦点機能によって波長Bに於ける強度の増大が起こっていることが判るであろう。これらの2つのことが結合して、比 I_A/I_B 。(ここで、Iは強度を示す)が変位に対してより直線的に変化するようになる。この結果を第7図に示している。比 B/A 、 C/A 、及び D/A の全ては第4図の曲線よりずっと直線的である。比 D/E はここでも「システム状態」モニタ信号となる。

第1の実施例と同様に、較正曲線を実際に作成する必要はない。その代わりに、較正の情報をマイクロプロセッサ又はマイクロコンピュータに入

力しておき、2種の波長の強度の比を求めることによって変位の計算を得るようにできる。

異なった色に着色された2個又は3個の球を用いて、2又は3の変位を同時にモニタできるようにしてもよい。必要なのは強度の「比」のみであって、強度そのものの値ではないから、そのようなことが可能となることが判るであろう。

本発明の第3の実施例を第8図及び第9図に示す。この装置は、互いに接触している2個の異なった色の有色球36、38が用いられている以外は、第5図のものと同一である。これらの2個の球は異なったスペクトル特性を有しているので、種々の波長の強度を測定し、適当な比を計算し、そして各球に対する較正によって得られる値を比較することによって、2方向に於ける球の変位を確かめることができる。各々の球が伝播するが他の球は伝播しない波長を検出することが好ましい。何故ならば、他の球によって伝播された放射の量に対する補正が測定では必要ではなくなるからである。

本発明の第4の実施例を第10図に示す。この装置は、ルビー球に代えて複数のルビー球28が用いられている以外は、第5図のものと略同様である。複数のルビー球28は、スケール上の直状溝30内に挿設されており、直線状に保持されている。第10図には、第1の光ファイバ14と第2の光ファイバ18も示されている。

使用の際には、該スケールは矢印32の方向に、即ち、溝30に沿って運動する。放射源とルビー球とは第5図の実施例で用いられているものと同じであるので、該実施例で得られた較正を以下の説明に於いて用いる。矢印32の方向の各球の運動によって、検出すべき波長の強度、従って強度比が変化する。ルビー球の1個に対して得られた較正（第7図参照）を用いて、マイクロコンピュータ又はコンピュータ等によって、運動及び運動の方向を計算できる。

説明した構成によれば、極めて精度の良い（20 μ m以上）、長いレンジ（数mのオーダー）のスケールとすることができる。適当な強度比を用い、

前述と同様に、強度の測定、比の計算、及び2方向に於ける変位の計算をマイクロプロセッサ又はコンピュータによって行うこともできる。各球の較正も、同様にコンピュータによって行うことができる。

3以上の方向に於ける運動を検出したい場合には、それらの方向と同じ数の球が用いられる。例えば、3方向が必要であれば、異なったスペクトル特性を有する3個の球が使用される。

上述の変更例を第11図に示す。この装置は、球16'が7個とされている以外は第5図のものと略同様である。それらの7個の球は対象上に円形に配されている。該対象はその円の中心を通る軸の回りを回転する。球には符号A～Dで示した4種類がある。各種類は、強度の比について様々な角変位に対して較正されている。それらの球のスペクトル特性が異なっていることと、配されている互いの順序とによって、角変位と対象の回転の向き（sense）との両方を測定することが可能である。

異なった強度比を用いてスケールの粗い運動を測定することによって、例えば変位路の端部に対応する最後の球の上の極めて小さい変位を測定できる。例えば、第7図に於いて、各球に対する強度比対変位曲線は対称的となるので、各球の通過を検出及び計数でき、全体の変位計算を積み重ねることができるようになる。正確な（細かな感度の）測定が必要なのは、最後の球のみである。

ルビー球スケールの他の利点は、運動の変位及び方向の両方を、単一の光源と2個の光ファイバのみを用いて測定できることである。

粗い変位の測定の他の方法のひとつは、溝に沿う一定間隔のルビー球に代えて、異なって色付けされた球34を備えている。該球は、ルビー球によっては伝播されない異なった波長を伝播させることができる。異なった波長の検出は、通過した異なって色付けされた球の数を示すことになる。該球の直径は精密であるので、変位の粗い予想は可能となる。粗い測定が行われたならば、精密な測定は前述のように行うことができる。小さい変位

の測定に複数の波長の強度の比が用いることができるように、異なって色付けされた球34も校正する必要があることに注意されたい。

上の測定は、マイクロプロセッサを用いて自動的に行うこともできる。マイクロプロセッサは、検出された異なって色付けされた球の数を計数し、含まれている変位を計算するのに用いることができる。粗い変位をストアしておき、その後、前述のように強度比を用いた精密な変位測定を用いて補正することができる。

本発明の応用例の概略図を第12図に示す。第12図には電圧測定装置が示されている。この装置は、互いに間隔を置いて配されたセミメタライズドダイアフラム40と導電板42とを備えている。該ダイアフラムと導電板との間に電位差が与えられると、該ダイアフラムは該板42の方に変形する。それと共に、該ダイアフラムに取り付けられているルビー球44が運動する。第5図の装置を用いて、該ダイアフラムの変位を得ることができる。その変位は印加された電圧に比例するので、校正により電

圧値を得ることができる。

圧力変換器とした場合の他の応用例を第13図に示す。変換器のケーシング50がゴム製ダイアフラム48によって基準圧力部52と圧力部56とに分割されている。基準圧力部52は、ベント54を介して基準圧力に通じている。圧力部56内には、圧力を測定すべき流体が導かれている。ルビー球58は該ダイアフラムに固定されており、入口光ファイバ14'と出口光ファイバ18'との間で運動可能である。各光ファイバは保護スリーブ60内に收容されている。該装置の他の部分は第5図のものと同様である。

圧力部56内の圧力が変化すると、該ダイアフラム及びルビー球は運動する。異なった波長の強度の比を測定することによって、該ルビー球の変位を測定でき、校正によって測定すべき圧力値が得られる。

更に他の実施態様では、放射変調手段を光ファイバ等のシリンダ状の素子とすることができる。上述のルビー球と同じく、シリンダ状素子の曲率

によって焦点作用が生じ、装置の直線性及び／又は感度が増大する。

変調素子の特に効果的な形状は透明シリンダ状素子62であり、その密度及び／又は厚さが該素子の長さに沿って変化している有色顔料を含有しているものである。一つの態様（第14図参照）では、着色フィルタ領域64と透明領域66との間の変わり目が鋭い斜めのエッジ68とされている。他の態様（第15図参照）では、変わり目のエッジは無く、フィルタの顔料の濃度は、着色端69aから徐々に減少しており、透明端69bで0になっている。

シリンダ状変調素子は、作用が球状素子のそれと同様である横方向モード、又は運動がシリンダ長に平行である縦方向モードのどちらでも用いることができ、（第14図又は第15図のような）段階法を用いて、焦点効果を保ちつつレンジが増大されていることに注目すべきである。

第16図は、第1図及び第5図の装置の更なる変更例を示している。平板状或いは球状の変調素子の代わりに、円錐状の変調素子70が用いられてい

る。円錐を用いることによって、位置によってフィルタ材の厚さを変化させることができる。前述と同様に、曲率は焦点効果を生じさせるのに用いることができる。

第17図は、第14図の変調素子を使用した小型圧力センサの実施例を示している。この実施例に於いては、多色光線はファイバガイド14a、18aの端の間を直接通過するのではなく、光線が装置の同じ端から出入りできるように、2個の斜めの鏡72a、72bによって180°曲げられている。斜めの界面68によって分けられた着色領域64及び透明領域66を有するシリンダ状変調素子62は、本体76の円柱状案内開口74内に摺動自在に配されており、鏡72a、72b間で反射された光線と交差するようにされている。該変調素子の対向端はダイアフラム78に取り付けられている。ダイアフラム78は、本体76の凹部80を覆っており、使用時には測定すべき圧力が加えられる。変調素子62の対応する変位は、検出システムによって測定され、圧力測定がなされる。

第17図に示された装置のための後者の実施例では、真空密封して光学ギャップの汚染を防止するのが好ましい。

装置の検出部を説明すると、第3図及び第4図並びに第6図及び第7図に関連して上で説明した検出技術は、2種の所定の波長に於ける入射した放射の比較を基礎としている。本発明は、2波長を調べることによって達成される測定にのみ限定されるのではない。以下に他の測定技術を説明する。この測定技術では、変調器から受け入れた光信号の実際の色又は支配的な色が定量化され、それによって、基本的には、異なった複数の波長の入射放射が用いられる。

後述する測定器の実施例の概念の理解を容易にするために、色測定に関する通常概念及び理論を先ず説明する。

第18図は通常の三次元色空間ダイアグラムであり、彩度を半径方向に、色相を円周方向に、明るさを軸方向に示している。後述する技術は原理的には、スペクトルパワー分布($P(\lambda)$)によ

$$Z = \int_{\lambda} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda,$$

$P(\lambda)$ = 波長 λ に於けるスペクトルパワー分布内のパワー、そして

$\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ は等色(colour matching)関数、即ち、3個の別々の受容器(receptor)の別個の応答に対応する3個の異なった波長の関数である。

第20図を説明する。第20図は、関数 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ を与える3個の受容器の必要な応答特性を示している。等色関数のそれぞれは相対的に並列されていることに気付くであろう。これらの等色関数は、マイクロプロセッサによる分析のためにデジタル的にストアできる。そのような等色関数を与えるための適切な色のデータバンクは既に設けられている。

従って、どのような特定の「不純な」色をも識別する通常の技術は、第20図の応答特性を有する3個の受容器によってその色をサンプリングした後、 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 及び $\bar{z}(\lambda)$ の得られた値を用いて、その色に対応する色度図上の x 及び y の値を計算

て概略を説明できる色相及び彩度を測定するものである。

色の定量的な定義は通常は色度図によってなされる。色度図は普遍的に認められているダイアグラムであり、所謂CIEダイアグラムである。一例を第19図に示す。このダイアグラムでは純粹のスペクトル色は、後述のように色度座標によって規定された $x-y$ 空間内の馬蹄形の閉曲線上にあり、特定の波長の彩度又は優越の種々の程度はこの境界内の位置によって決定される。白色は座標(0.33, 0.33)の点に対応している。従って、このダイアグラムを用いれば、どのような色も二次元空間内の単一の点によって特定され得る。

色度座標(x , y)は次のように定義されている。

$$x = \frac{X}{(X + Y + Z)} \quad \text{式(1)}$$

$$y = \frac{Y}{(X + Y + Z)} \quad \text{式(2)}$$

$$\begin{aligned} X &= \int_{\lambda} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \\ Y &= \int_{\lambda} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda, \end{aligned}$$

することを包含している。

添付の第21図は、色の変化が色度図上にどのようにして表されるかを示している。ダイアグラムの左側の図表(第21図(a)~(c))は、第1の色に対する \bar{z} 受容器(上)、 \bar{y} 受容器(中)及び \bar{x} 受容器(下)の応答を示している。ダイアグラムの右側の図表(第21図(d)~(f))は、第2の色に対するそれら3個の受容器の応答を示している。第1の色は、第21図(a)~(c)の実線で示された強度対波長特性を有している。各々の場合の応答曲線 $\bar{z}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 及び $\bar{x}(\lambda)$ を鎖線で示している。 $z (= \int_{\lambda} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda)$ の値は、第21図(a)の実線の曲線と鎖線の曲線とが重なった面積によって与えられる。同様に、 $y (= \int_{\lambda} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda)$ 及び $x (= \int_{\lambda} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda)$ の値は、第21図(b)及び第21図(c)の実線の曲線と鎖線の曲線とが重なった面積によって与えられる。そして、 x 及び y の値は式(1)及び(2)を用いて計算され、第21図(g)の色度図中の点Aとなる。

第2の色は第21図(d)~(f)に於いて実線で示され、

応答曲線 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 及び $\bar{z}(\lambda)$ は鎖線で示されている。ここでも、 x 及び y の対応する値は式(1)及び(2)を用いて計算され、第21図(6)の色度図中の点Bが特定される。

スペクトルの或る部分にパワーを加えたり減らしして色を変えると、色度図上の直線A-Bに沿う変化が生ずる。第1図又は第5図に関連して上で説明したような白色光線内への色フィルタの導入等の2個の成分の関連のある変位の結果として色の変化がもたらされた場合には、直線A-Bに沿う色の変化は該相対的変位に関係させることができ、その測定が与えられる。

2個の異なったパラメータに対応する2個の変位の測定は、第22図に示したように、前述の技術を用いて行うことができる。この構成では「白色」光源が用いられており、0変位を表している。

「エメラルド」及び「ルビー」は、第1及び第2のパラメータをモニタするための第1及び第2の別個の変位の両極端を表している。「エメラルド」の変位が0であれば、「ルビー」の変位は、真の

パラメータ2の状態の単純な直線的に関連する指示となる。しかし、両パラメータ1及び2が0でないならば、観察された色はA(座標 x_A 、 y_A)であり、それからパラメータ1及び2の値は記憶されている校正データによって特異的に決定され得る。

上述の技術は、複数の光源を有するシステムにも適用可能である。第23図に示されているように、第4の光源(例えば、青)を導入することによって範囲(gamut)が新たな領域に増大し、同一の測定システムによって同時に他のパラメータを検出することができるようになる。しかし、点Aは、例えば、青色によって或いは青色無しでアクセスできるので、点Aは最早や特異的に決定されない。

この曖昧さを解消するためには、2個のパラメータ(x 、 y)のみによる通常の色表示から離れて、 z パラメータをも導入することが必要である。これにより、Aに関する曖昧さを解決することができる。

上の説明は、「色」の測定を行うことができ、

対応する数値表示を確立することのできる理論の概略を述べている。上述の理論に従って「色」の測定をするための色検出器を実現する幾つかの手段を次に説明する。

先ず、第24図には色検出器が示されている。ここでは、例えば、第1、5、8又は9~17図のいずれかに示された形式の光変調装置から連なる光ファイバ90を通して光は検出器に到達する。光ファイバ90からの入射光は、3個の着色球91~93に加えられる。着色球91~93の各々は、ホトダイオード等の対応する光検出器94~96の前方にそれぞれ位置している。着色球の各々は、検出器94~96の応答と結合して3個の等色関数 X 、 Y 、 Z を結果として与えるようにされている異なった色伝播特性を有している。3個の等色関数のそれぞれは前述のように次式で表される。

$$X = \int P(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int P(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

関数 $X + Y + Z$ が計算され、それから必要な関

数

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad \text{及び}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

が適当なアナログ回路中に容易に得られる。それによって、色度図上の点 x 、 y が確立され、入射色の数値表示が与えられる。

本質的には、上述の構成は、3個の等色関数 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ のアナログ(analogue)積分を行うものと見做すことができる。そのような検出器は「真の」色を検出するので、前述の形式の変位センサから生ずる変調に基づく光線中の色の変化をモニタするのに用いられる。

上述の検出器の応答時間は数 μ sオーダーより良い。そのハードウェアは極めて安価とすることができ、極めてコンパクトにすることができる。必要な数学的計算は最少である。マイクロプロセッサを設けることは任意であり、必須ではない。

そのような検出器は、2以上の信号入力、即ち、測定すべき2以上のパラメータに於ける変動により生ずる色変化の処理に同時に対処できる。従って、そのような検出器は、例えば、「白-エメラルド」パラメータを温度変動性とすることによって、変位変換器中の自動温度補償等を与えるのに用いることができる。

三要素検出を用いて、従来の色分析に用いられていた3個の検出器と同じ働きをする上述の検出器は、システムの減衰の増大による強度の変化を除去するだけでなく、センサの変調よりもシステムの劣化に基づくスペクトルシグネチャ(signature)の変化をも確認することができる。これは、第19図の簡略版である第25図に示されている。線A-Aは変調に基づく色変化に対応しており、線B-Bはシステムによる色変化に対応している。この場合、検出器の出力の軌跡は二次元内で生ずる。

しかし、三要素検出は必須ではなく、第26~28図に示したように、ただ2個の光応答性素子を有

する検出器でも可能である。第26図では、光ファイバ100からの光は2個の着色球101、102に加えらる。着色球101、102の各々は、ホトダイオード等の対応する光応答性素子103、104の前方にそれぞれ位置している。第1の素子103の波長に対する応答性は、第2の素子104のそれとは異なるようにされている。該2個の素子103、104からの信号より、検出器に入射する放射のスペクトル分布が色度(CIE)図上の2個のパラメータの形で計算され得る。その後、該パラメータは分析され、求める対象の変位が決定される。

これは第27図及び第28図に示されている。第28図は、第1及び第2の光応答性素子103、104の応答曲線 $\eta_1(\lambda)$ 及び $\eta_2(\lambda)$ 並びに信号の振幅 $I(\lambda)$ の例を示している。

$$O_1 = \text{素子103の出力} = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} I(\lambda) \eta_1(\lambda) d\lambda$$

$$O_2 = \text{素子104の出力} = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} I(\lambda) \eta_2(\lambda) d\lambda$$

演算(arithmetic)部105、106によって

$$\text{演算部105の信号出力} = \frac{O_1}{O_1 + O_2} = x \text{ 座標}$$

$$\text{演算部106の信号出力} = \frac{O_2}{O_1 + O_2} = y \text{ 座標}$$

が得られる。

第27図は、二要素検出のみが行われた場合の第25図のダイアグラムと等価である。線C-Cは、変調に基づく色の変化に対応している。即ち、検出された信号中の支配的色はその線上にあり、その軌跡は $x + y = 1$ である。従って、線C-Cに沿う出力信号中のシフト(shift)を検出することによって、支配的波長のシフトの測定が行われる。較正によって、変調素子が、従って、対象が移動した距離の必要な測定が与えられる。

多重検出システムの他の実施態様では、(第26図に示されているような)並行サンプリングではなく、順次サンプリングを用いている。実際の形態では、その出力信号が新規に開発された電子回

路によって処理される所謂「色ダイオード(colour diode)」が用いられており、極めて高い感度と長期間の安定性が与えられている。

更には、フーリエ変換分光計を用いて、変調素子の変位の検出と測定を行うことも可能である。これは第29図に示されている。同図は模式化された検出システムの概略を示している。該システムでは、光源Tからの光はセンサS(前述の変調素子のいずれをも含むことができる)で変調され、振動する鏡M₁と単一の検出器Dとを有する干渉計に入れられる。得られるスペクトル信号は後の処理及び定量化のために、時間的に変化するシグネチャに変換される。

(発明の効果)

これまでの記述から本発明は、変位の測定が直接に用いられ得るか、他のパラメータの測定のために変換され得る広範囲の分野に適用できることが判るであろう。例えば、純粋の変位測定の他に、圧力、温度、電流、電圧、質量流量、液体の深さ等がある。

既に述べた利点のみならず、本発明は次のような多くの効果的な可能性を有している。

(1)上に列挙したような測定 of 全ての一つの共通のシステムを用いることができる。測定すべきパラメータを変えるために必要なのは、センサが取り付けられているメンブレンの種類を変えることだけである。多数のパラメータを同時にモニタできる。

(2)自然に発生する光源からのスペクトル情報が必要なシステムのために、伝播及び処理システムを前以て設けておくことができる。原則としては、色変調装置からの情報は、この既設のシステムによって伝播され、処理され得る。そのようなシステムが有用な例としては、プラズマ加工、燃焼（工業的規模と内燃エンジンの両方）、及び電力用の開閉機器がある。

(3)波長比システムと異なって、色測定システムは放射信号パワーをより効率的に用いているので、感度、精度及びファイバ伝播長を大きく改善することができ、長距離（数十 km 以上）の工業的応

用が可能である。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例による構成の概略図、

第2a図乃至第2e図は第1図の矢印Ⅱ-Ⅱの方向から見た各変位を示す側面図、

第3図は第1図及び第2図に示されたフィルタの種々の変位に対する波長対強度をプロットした図、

第4図は第3図から得られた強度対変位の比をプロットした図、

第5図は本発明の第2の実施例による構成の概略図、

第6図は第5図に示されたフィルタの種々の変位に対する波長対強度をプロットした図、

第7図は第6図から得られた強度対変位の比をプロットした図、

第8図は本発明の第3の実施例による変調構成の概略図、

第9図は第8図の矢印Ⅸ-Ⅸの方向から見た側

面図、

第10図乃至第12図はそれぞれ本発明の第4乃至第6の実施例による変調構成の概略図、

第13図は本発明の第7の実施例による変調センサの構成の概略断面図、

第14図乃至第17図はそれぞれ変調センサの他の実施態様を示す概略図、

第18図は通常の三次元色-空間ダイアグラム、

第19図は所謂CIE色度図、

第20図は関数 $x\lambda$ 、 $y\lambda$ 、及び $z\lambda$ を与える3個の受容器の応答特性を示す図、

第21図(a)~(d)は第19図の色変化の色度図上への表わし方の説明図、

第22図は色度図上の2個の変位の測定を説明する図、

第23図は色度図上への第4の色の組み込み方の説明図、

第24図は本発明によるシステム内で用いるための色検出器の一例の構成を示す図、

第25図は簡略化した色度図、

第26図は本発明によるシステム内で用いるための色検出器の第2の例の構成を示す図、

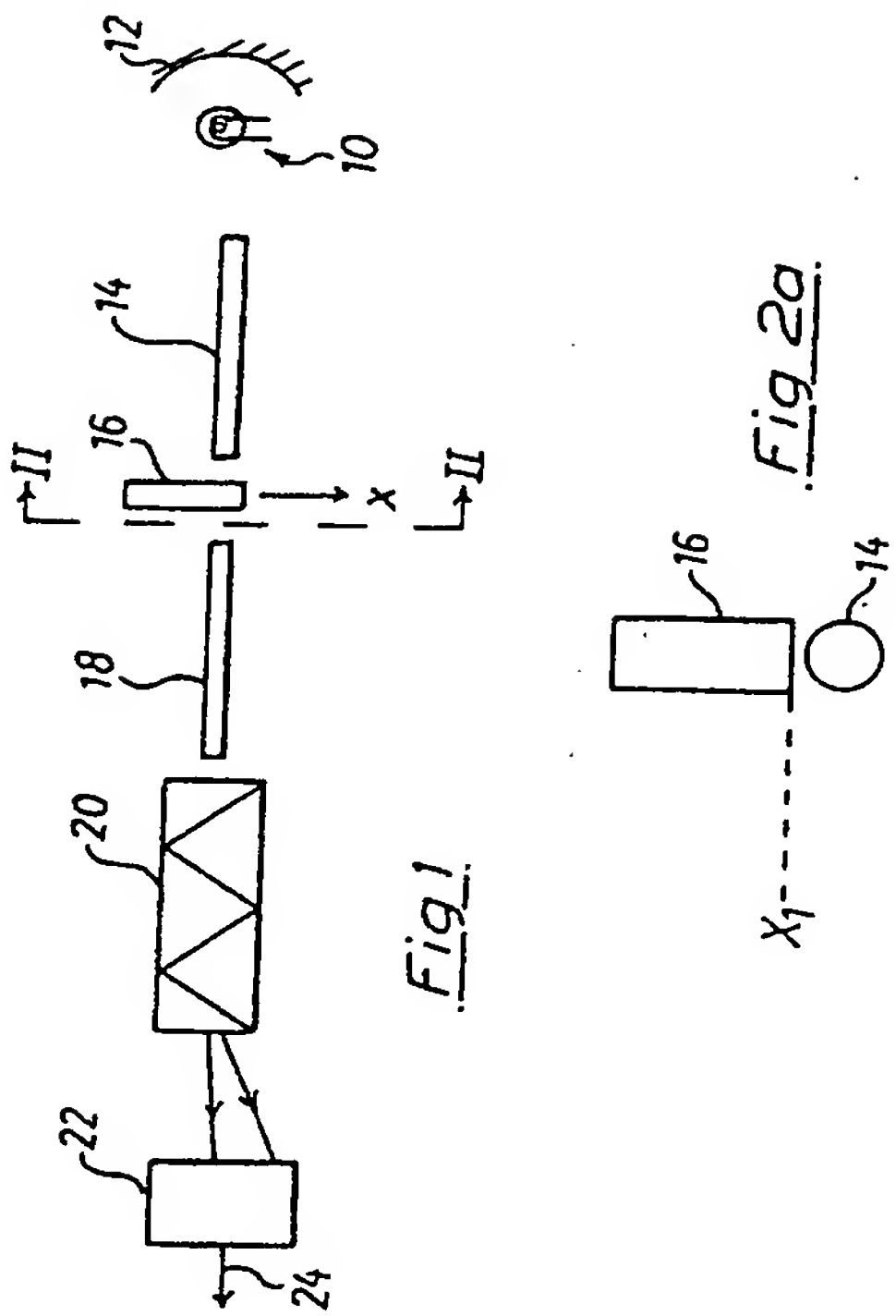
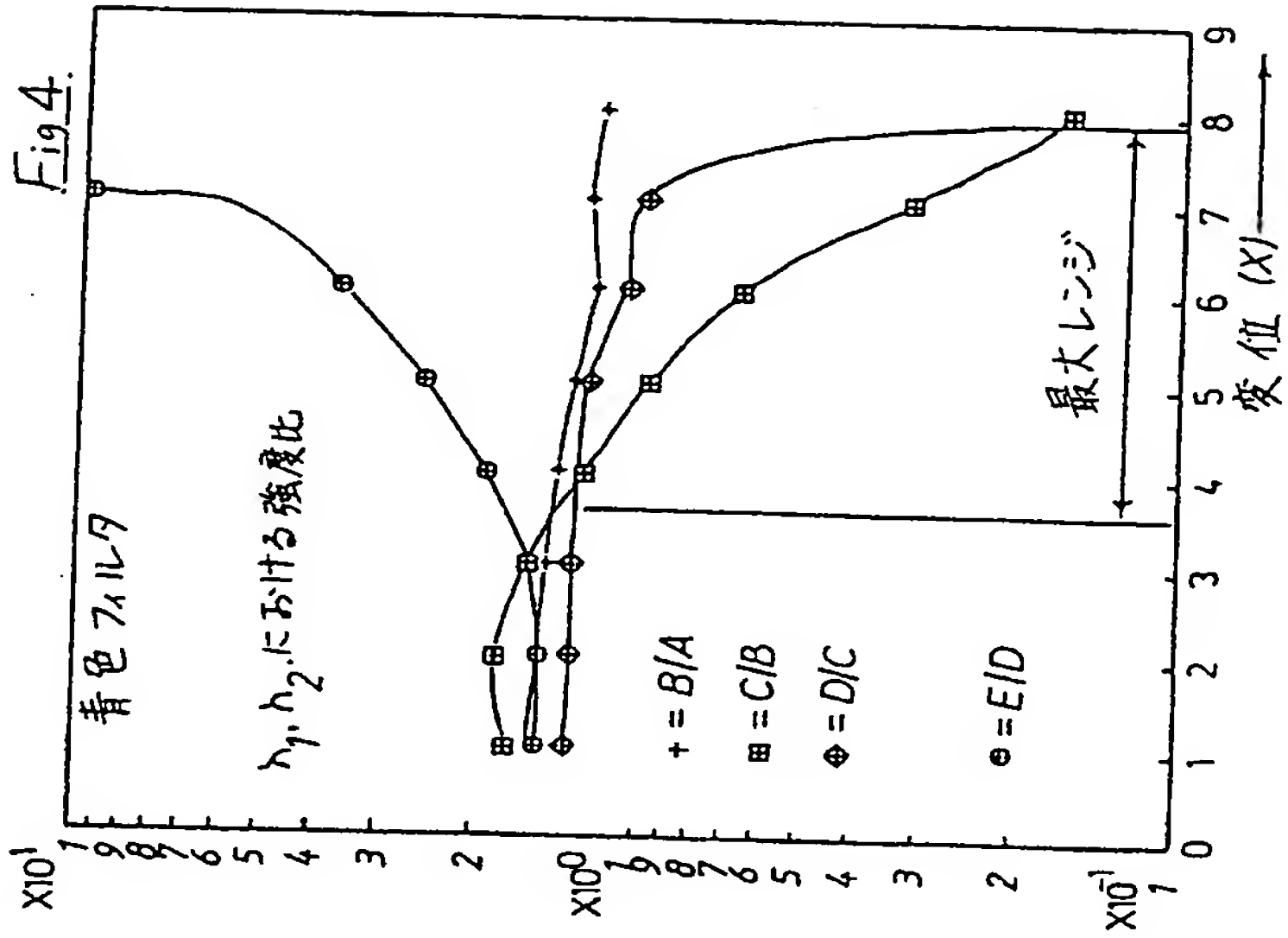
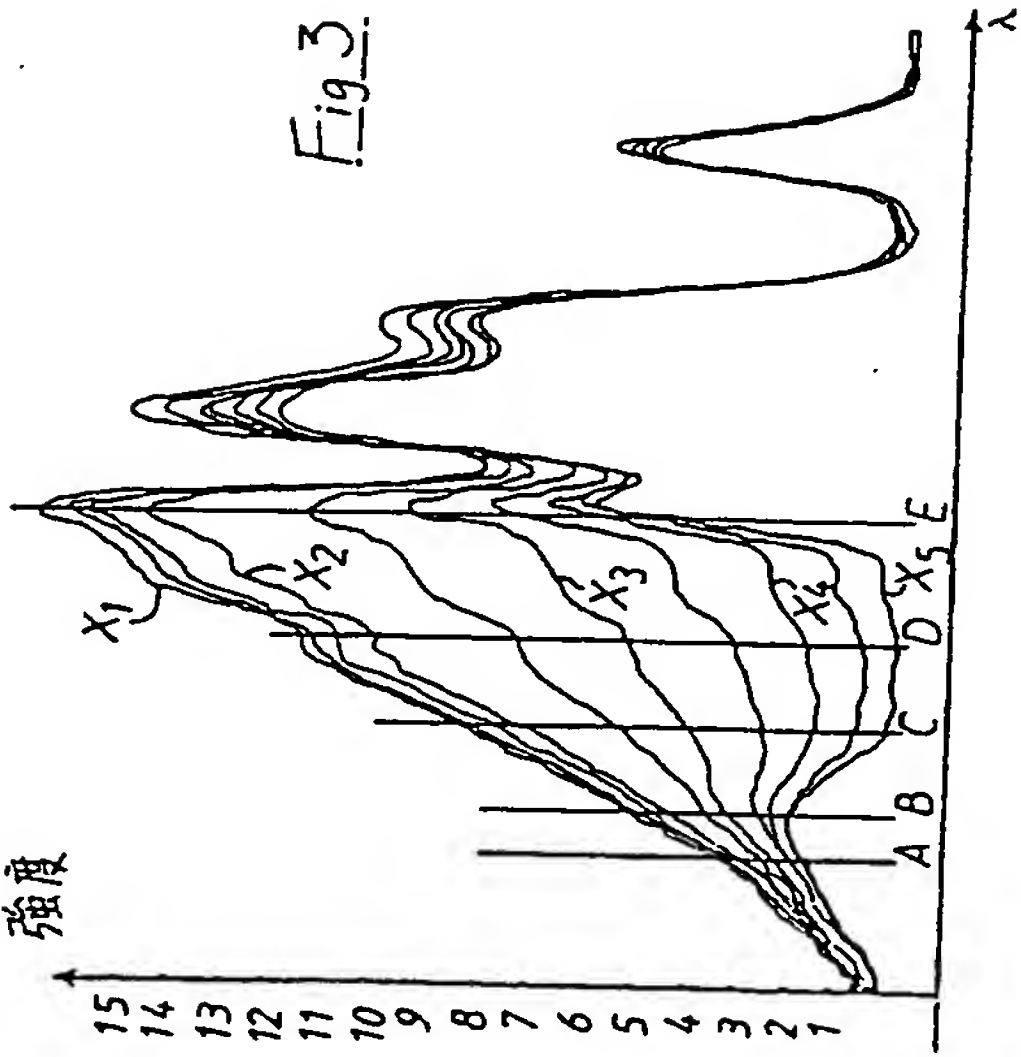
第27図及び第28図は第26図の色検出器の動作を説明するための図、

第29図は本発明によるシステム内で用いるための色検出器の他の例の構成を示す図である。

10…光源、14、18…光ファイバ、16…フィルタ
16'…ルビー球、20…屈折装置、22…検出器。

以上

代理人 弁理士 山本秀策



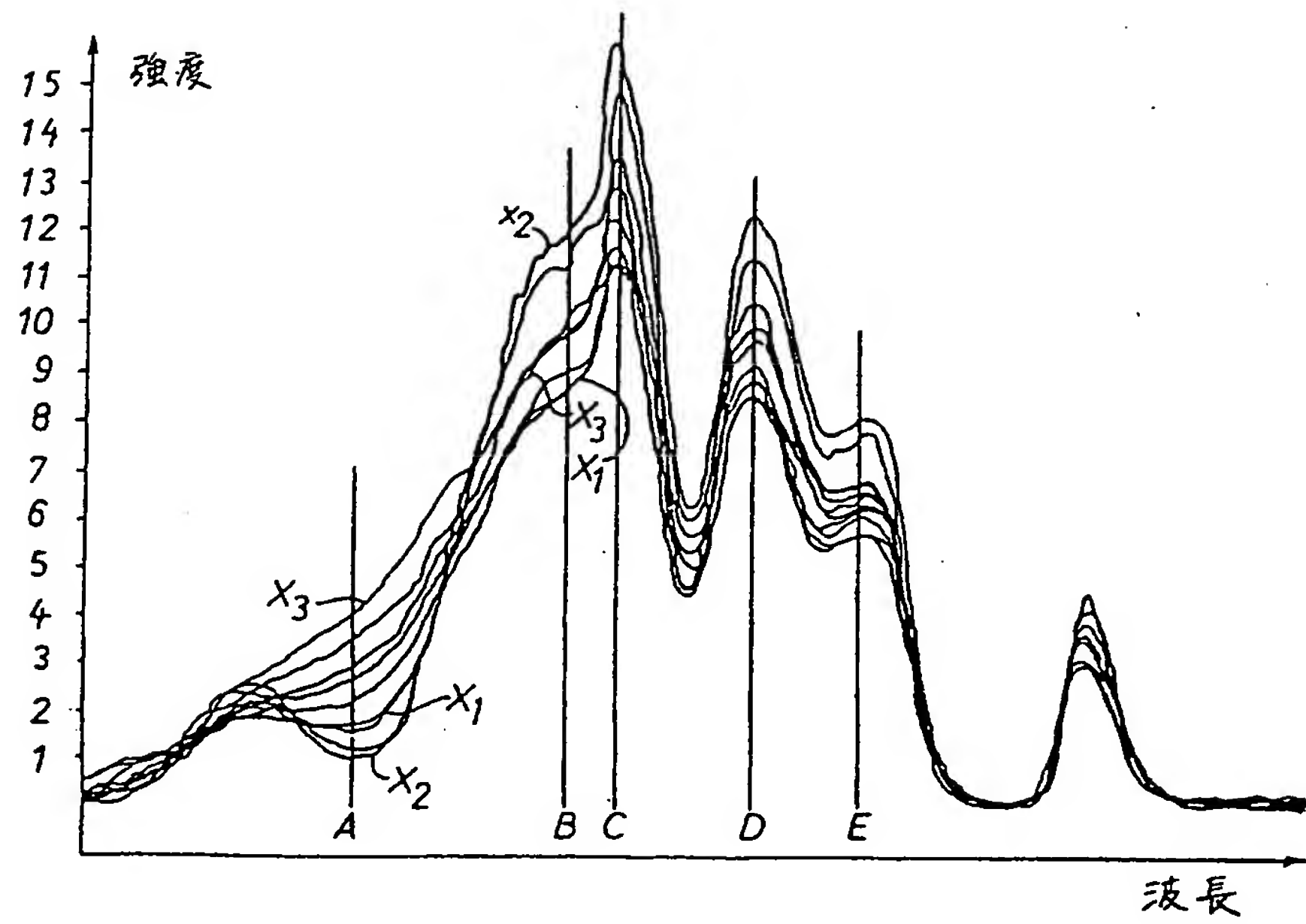


Fig. 6.

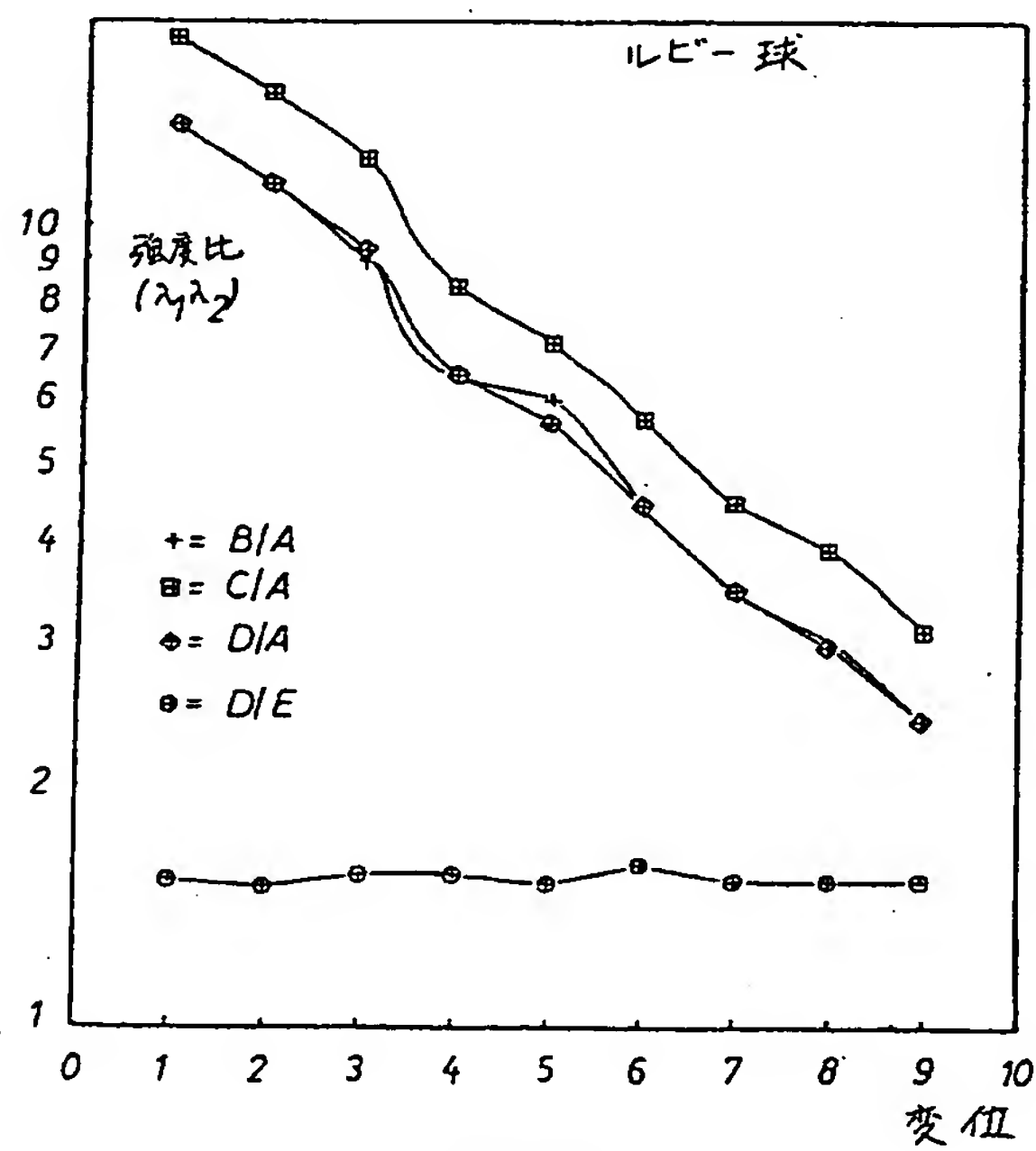


Fig. 7.

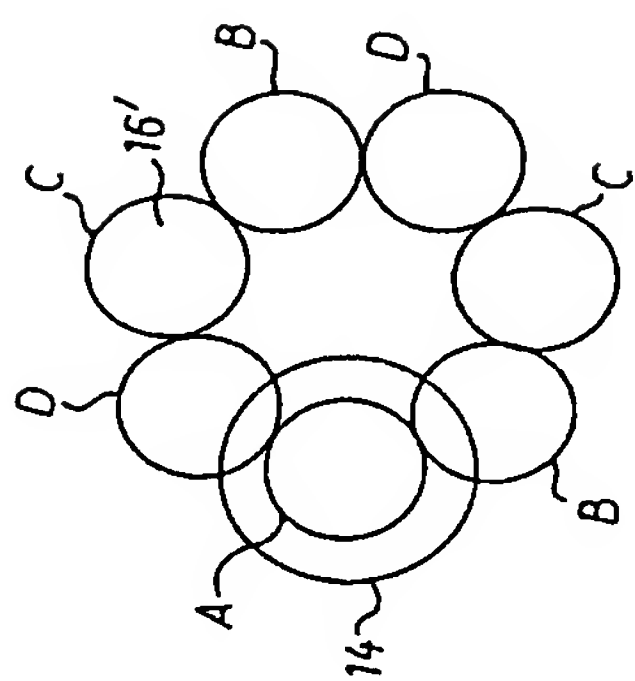


Fig. 11.

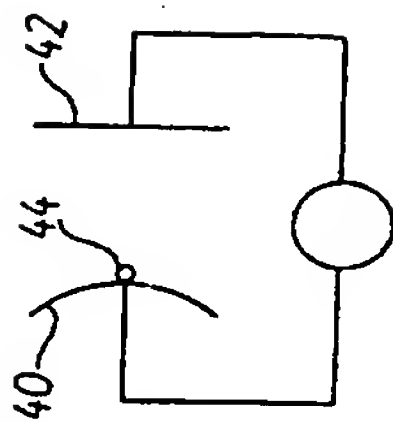


Fig. 12.

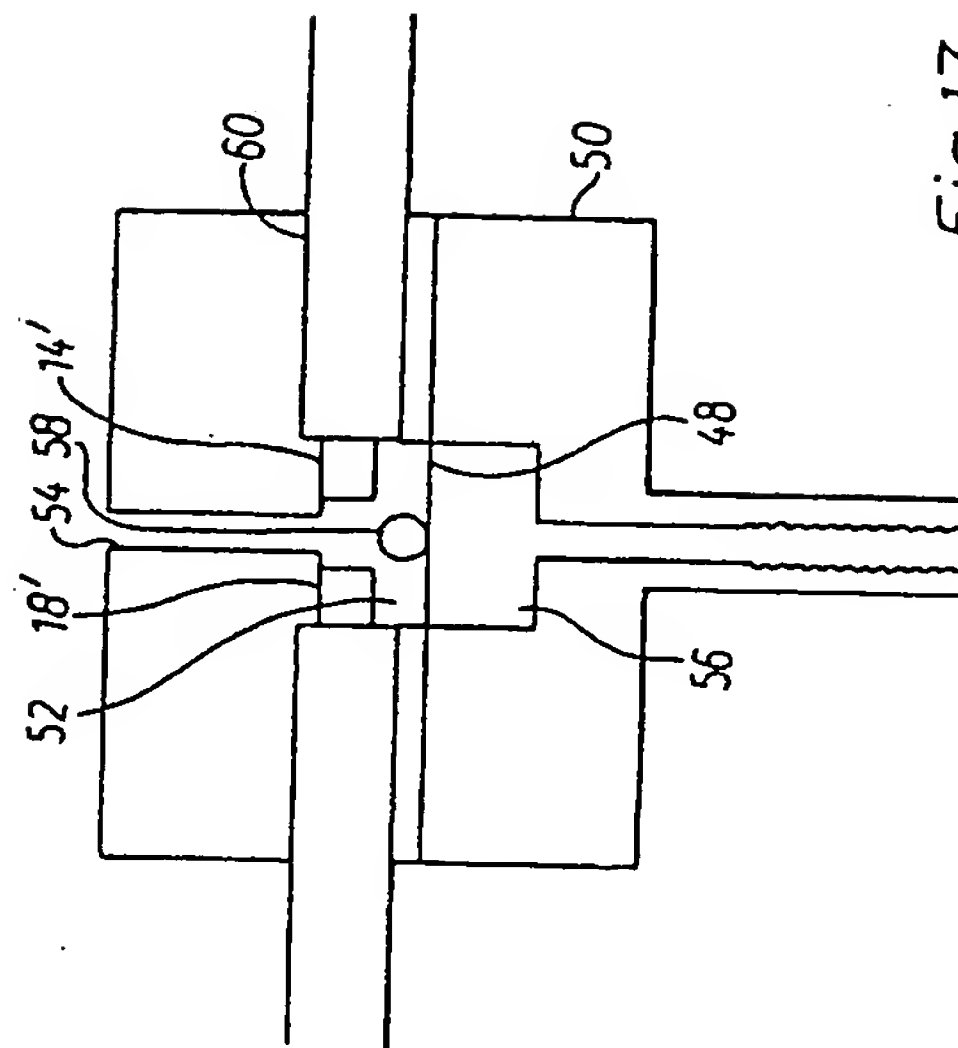


Fig. 13.

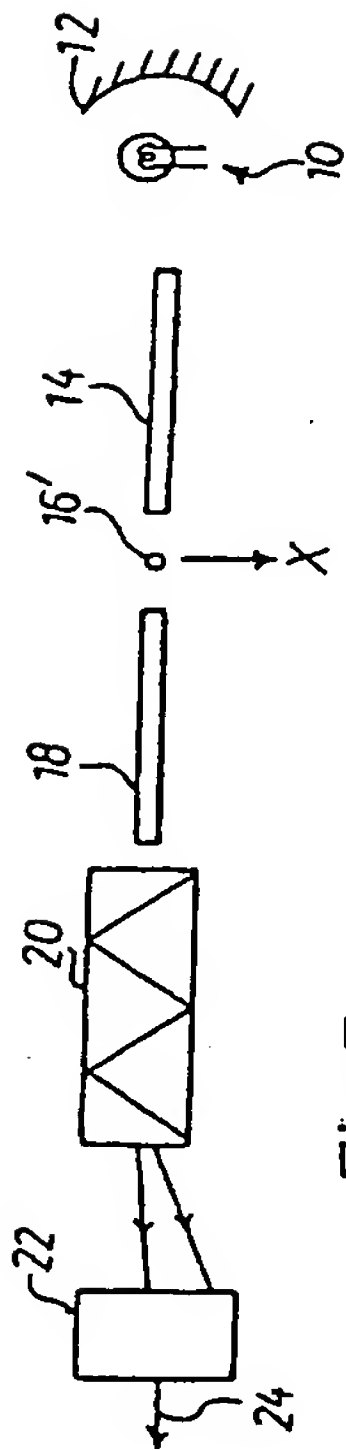


Fig. 5.

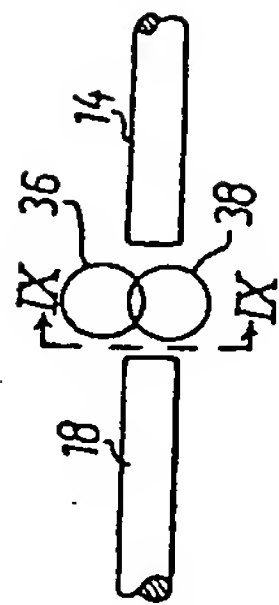


Fig. 8.

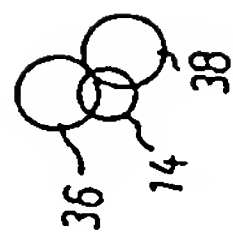


Fig. 9.

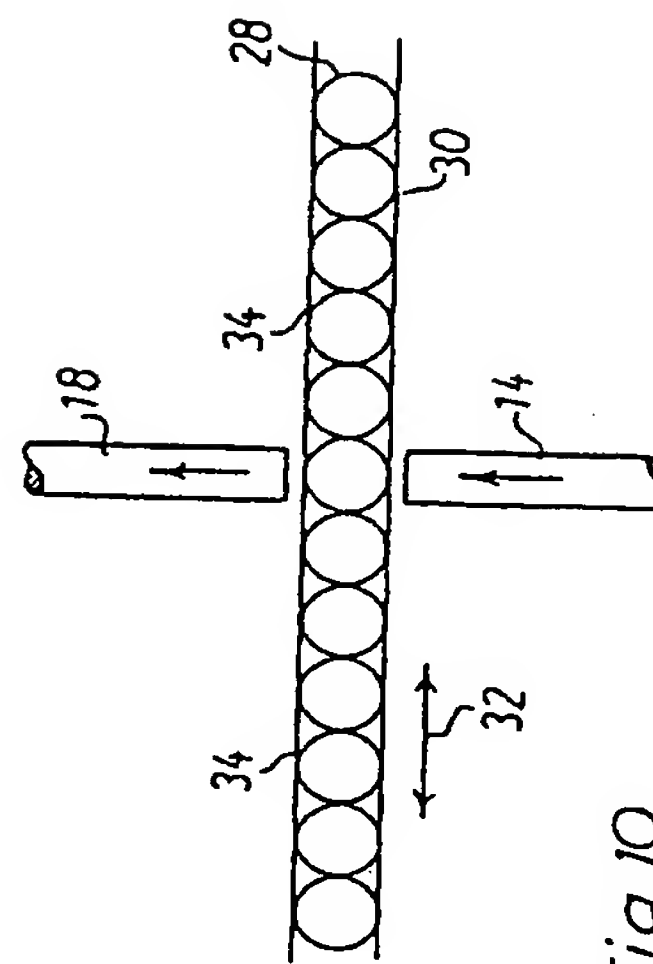


Fig. 10.

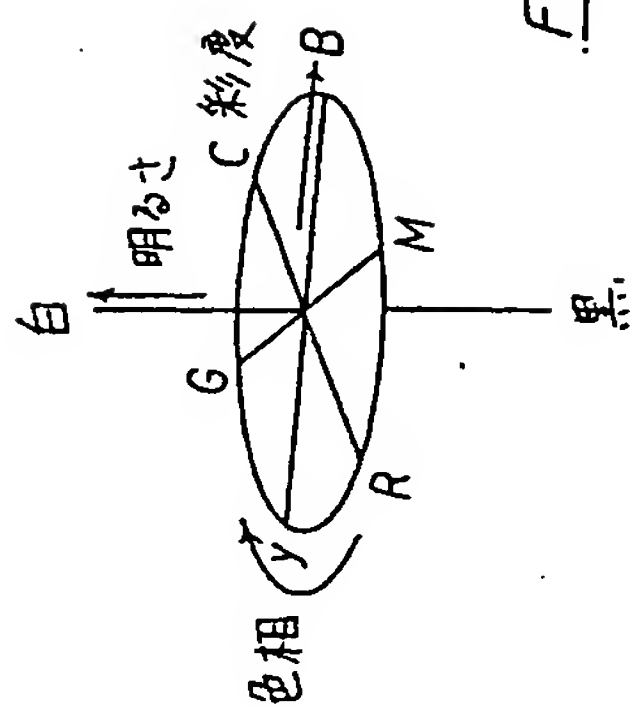


Fig 18:

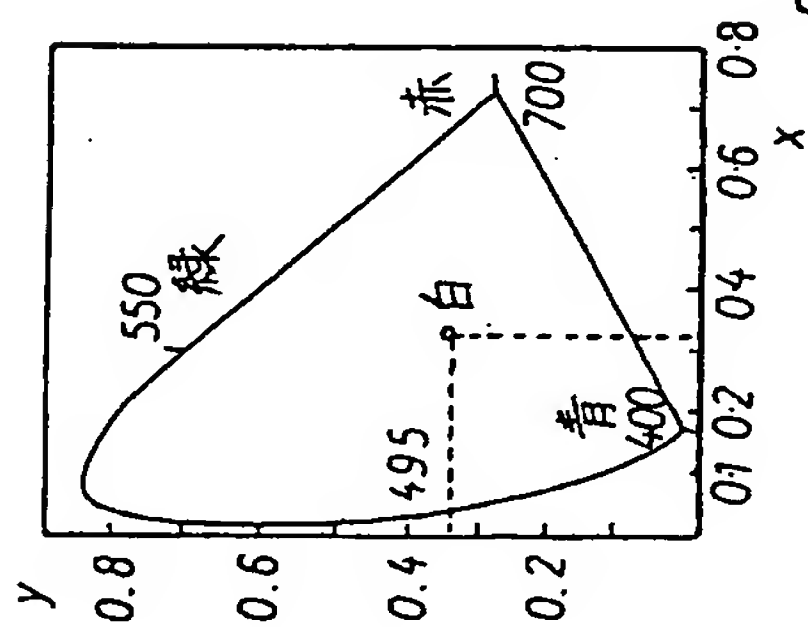


Fig 19

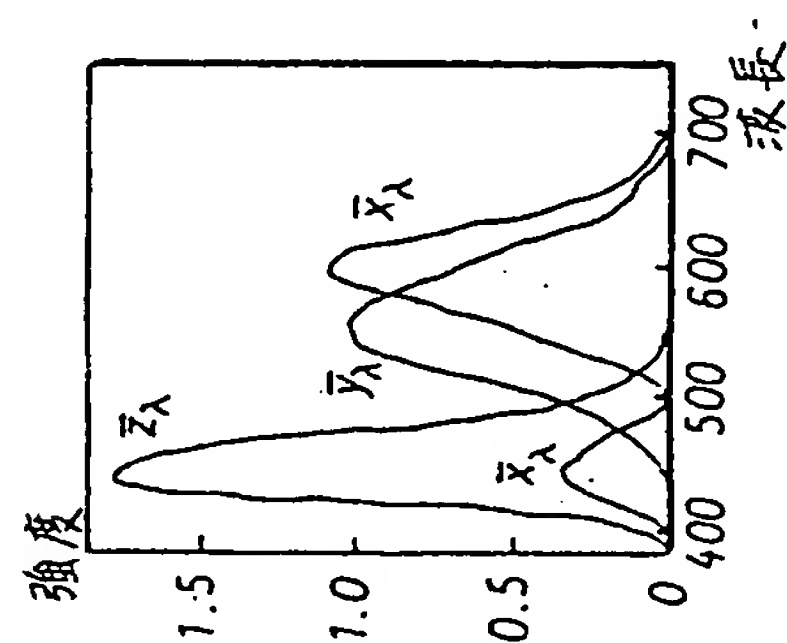


Fig 20:

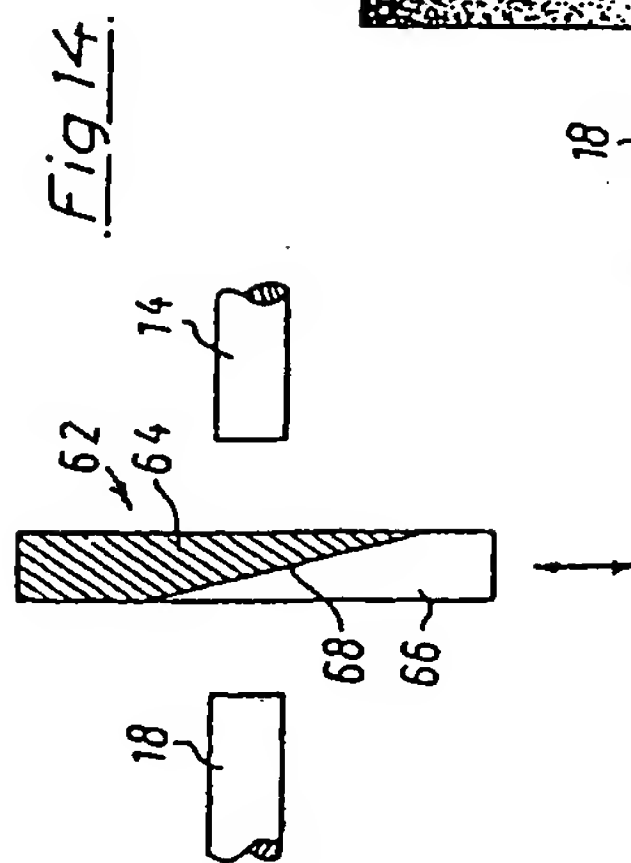


Fig 14:

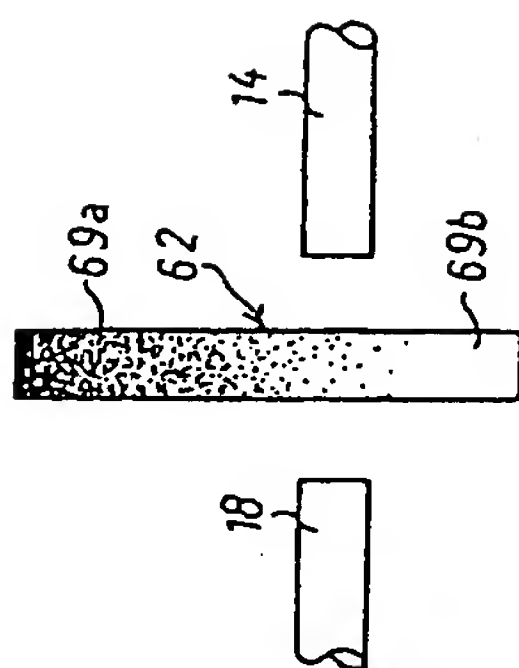


Fig 15:

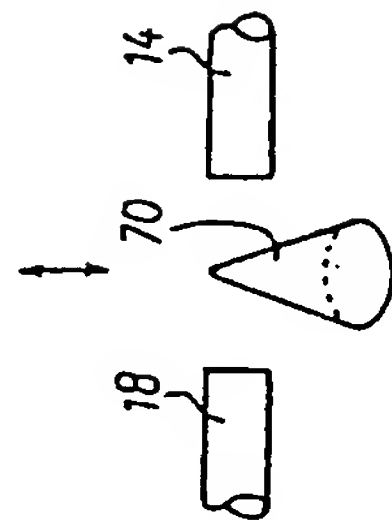
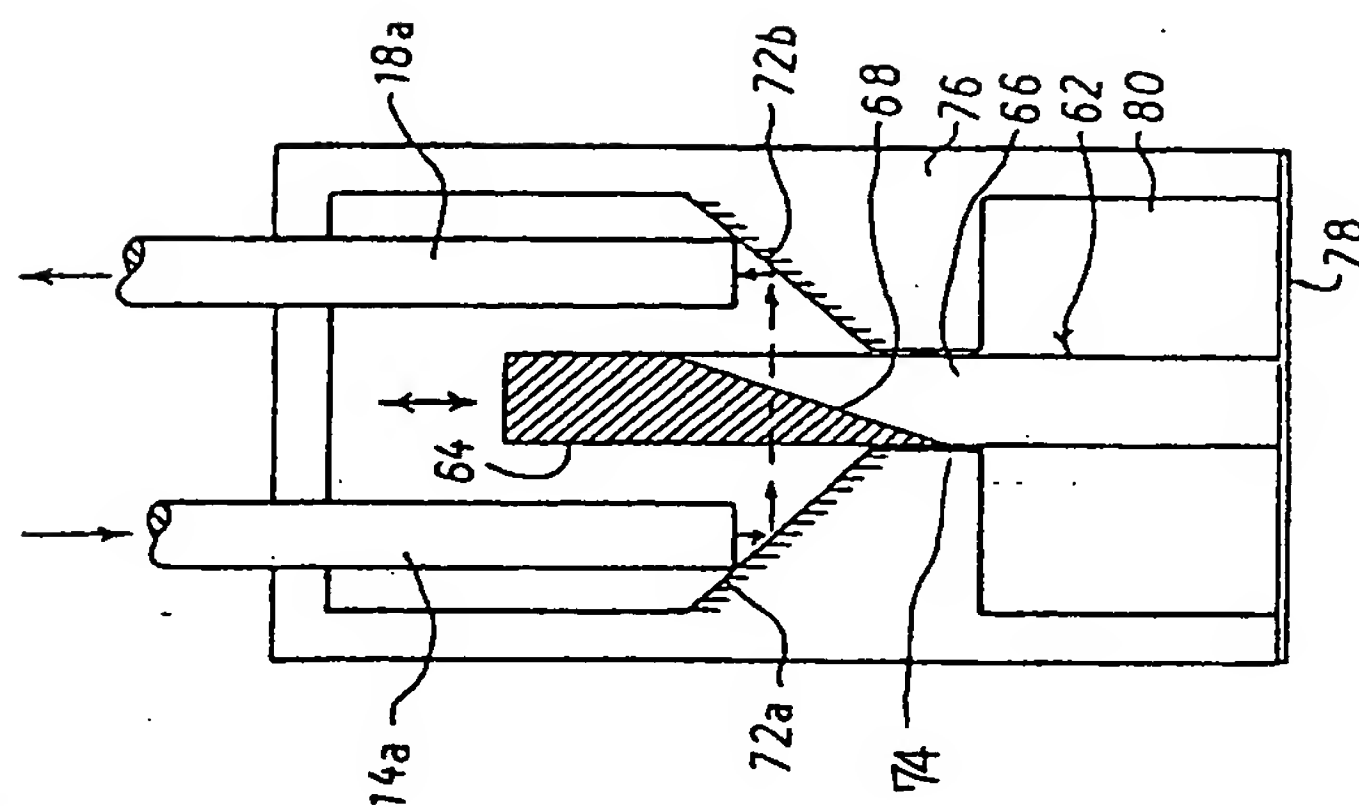
Fig 16

Fig 17:

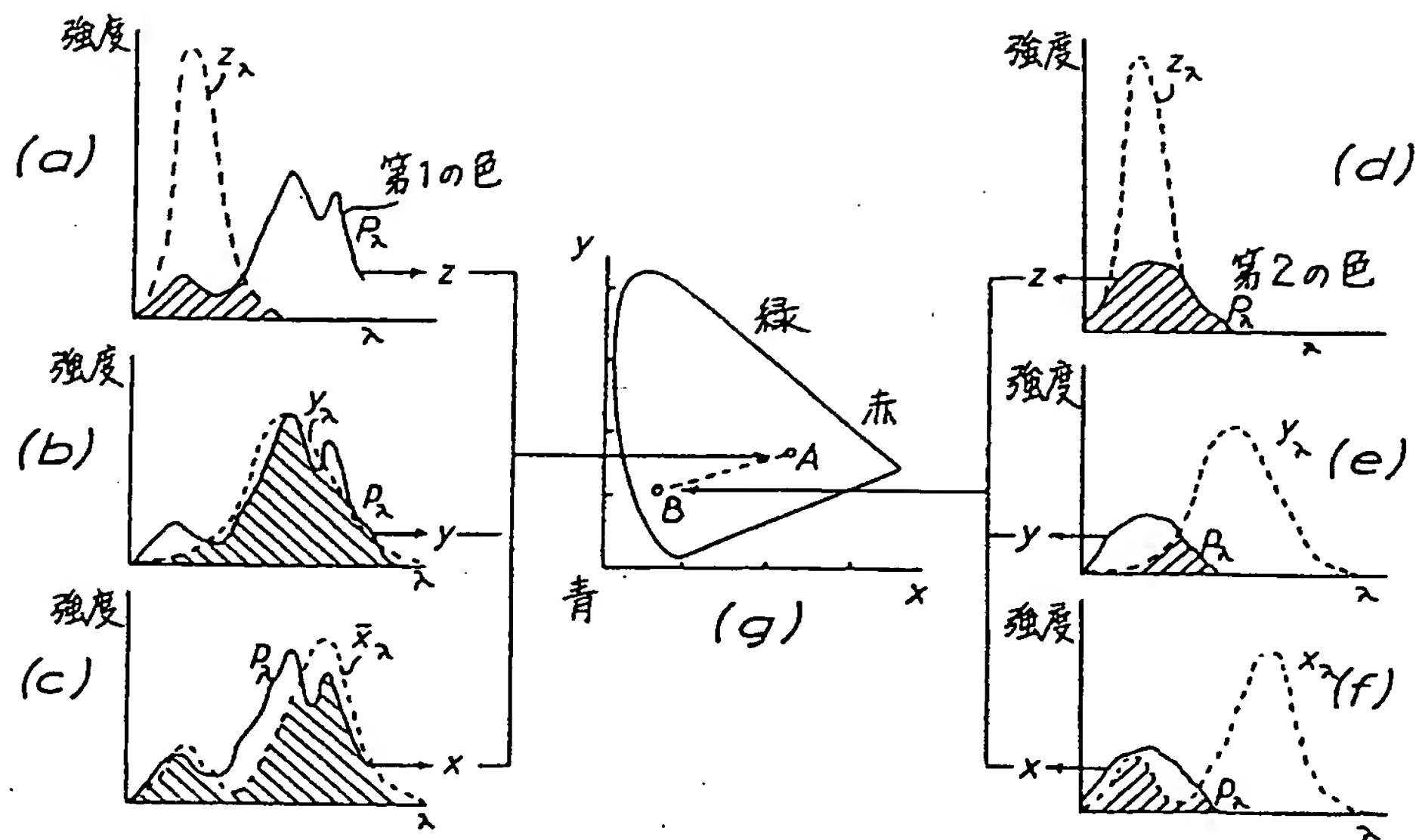


Fig 21

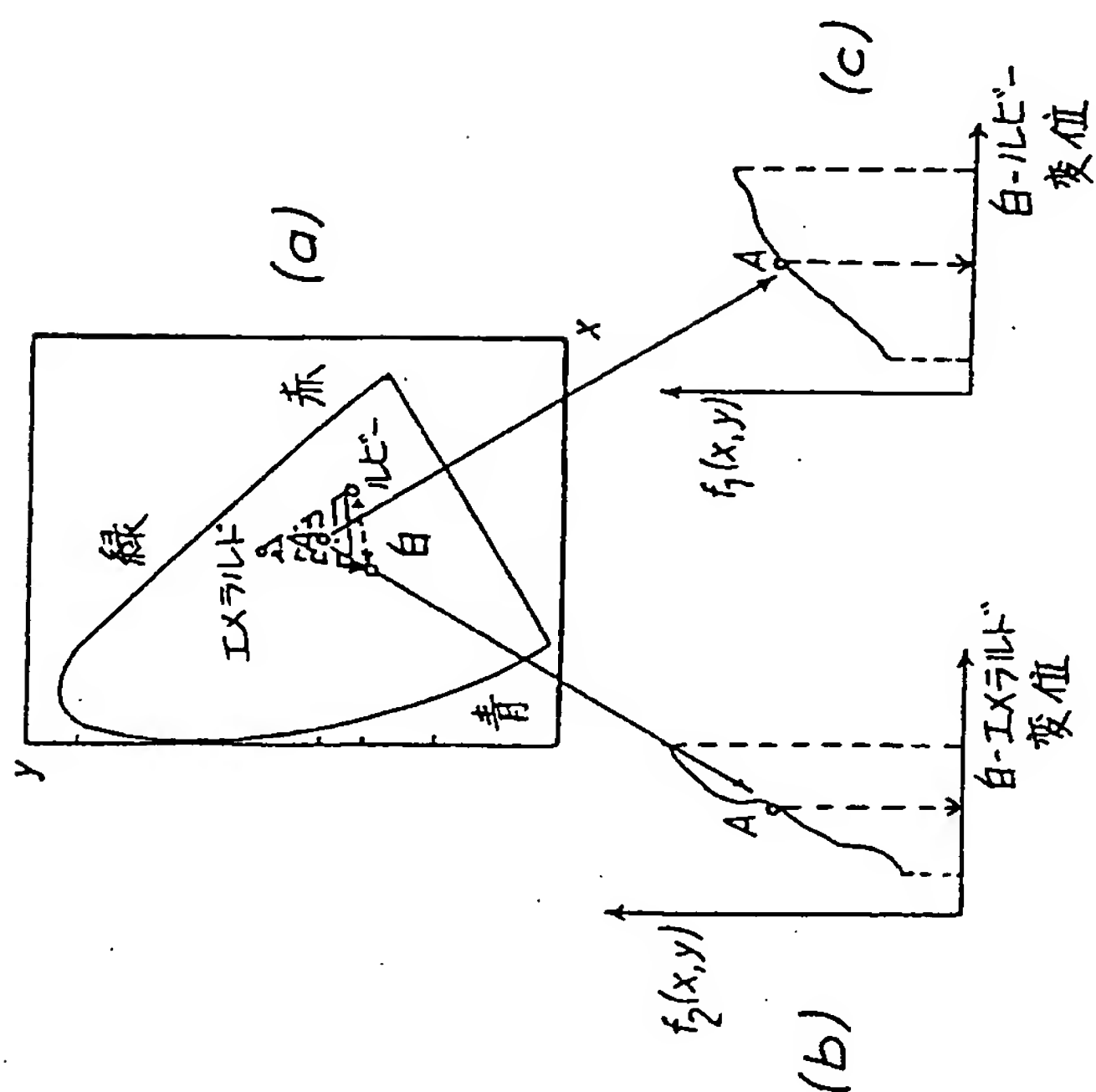


Fig 22

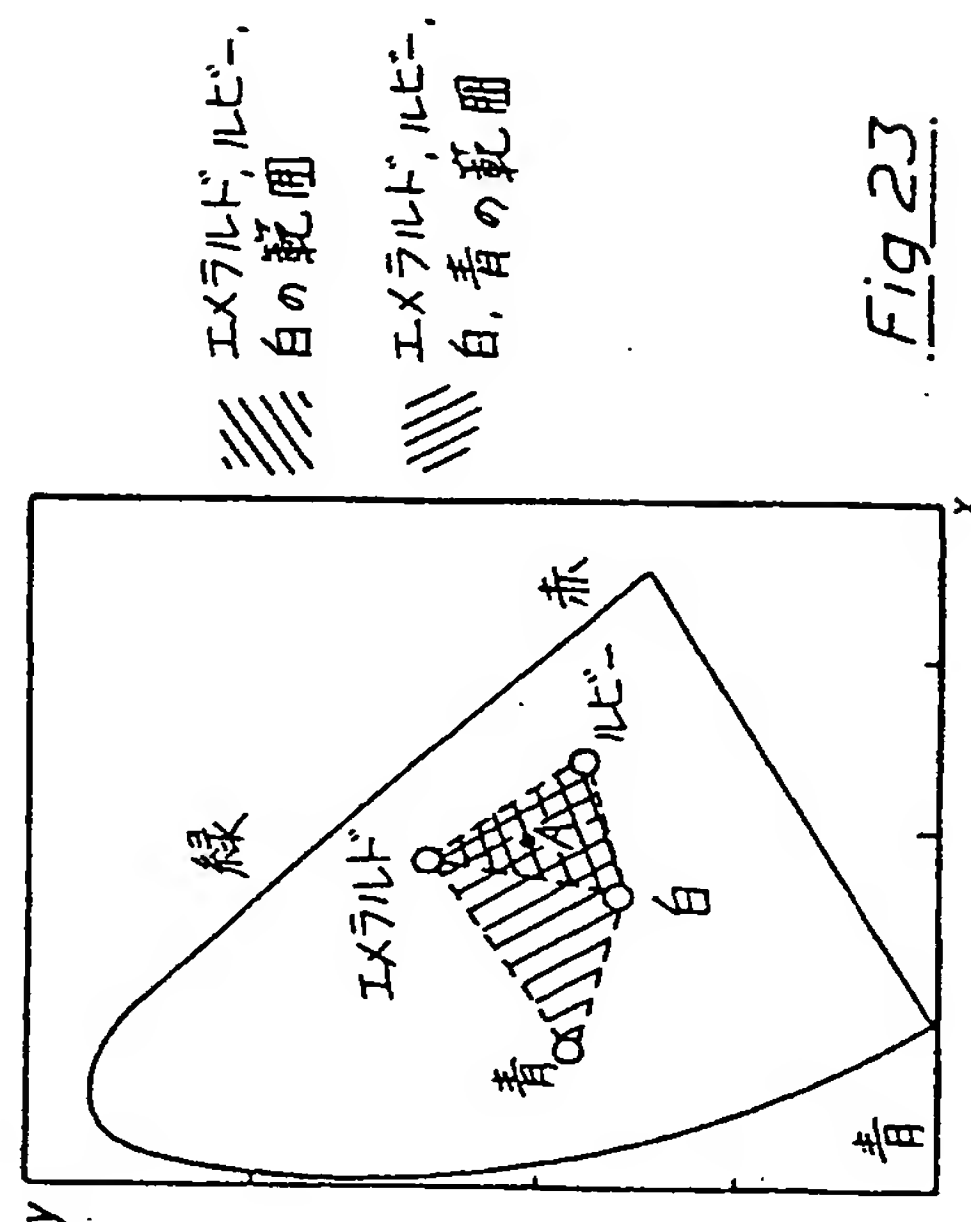


Fig 23

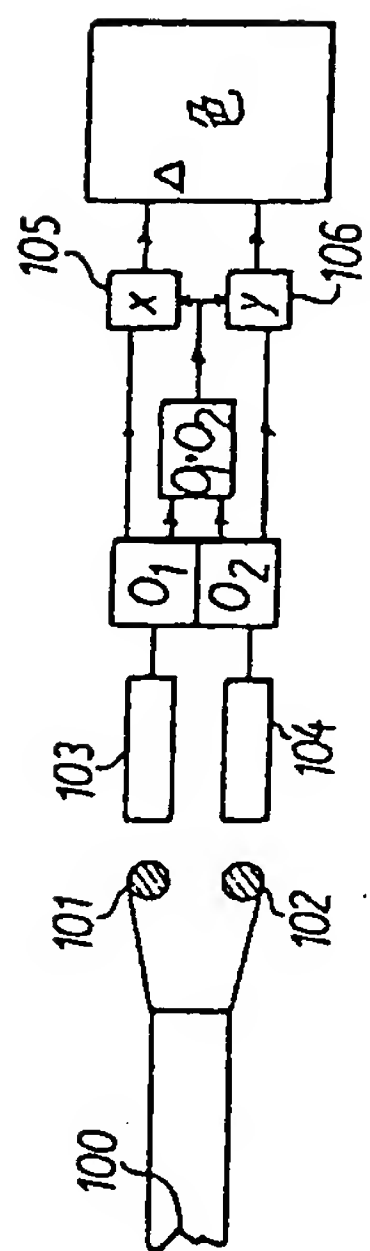


Fig. 24

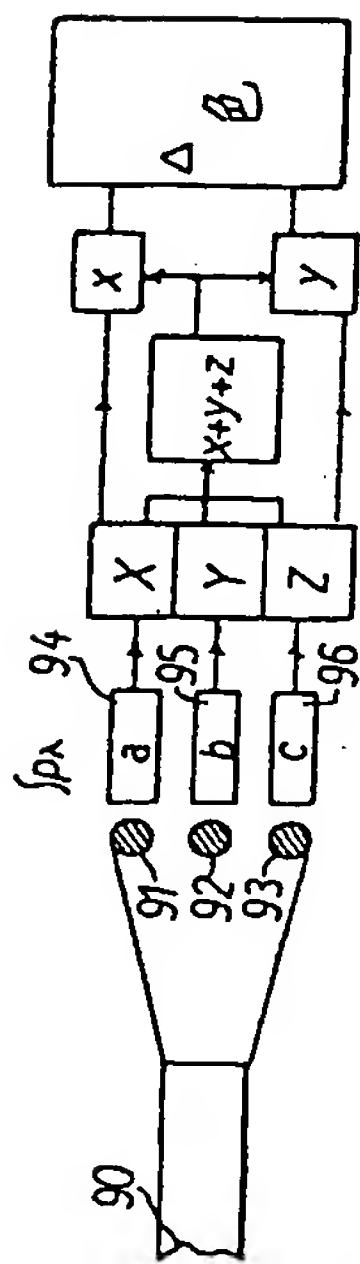


Fig. 25

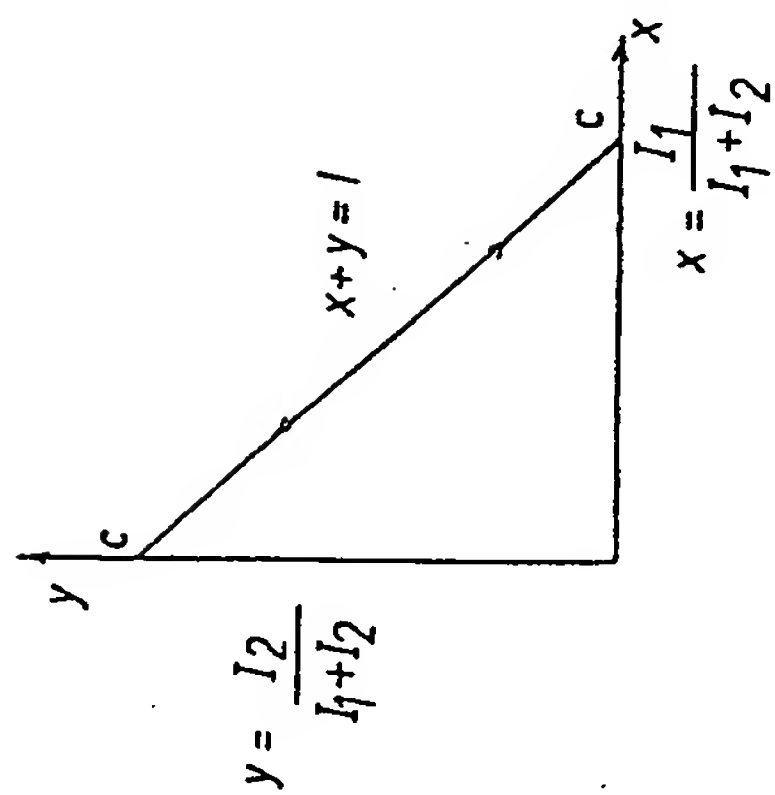


Fig. 26

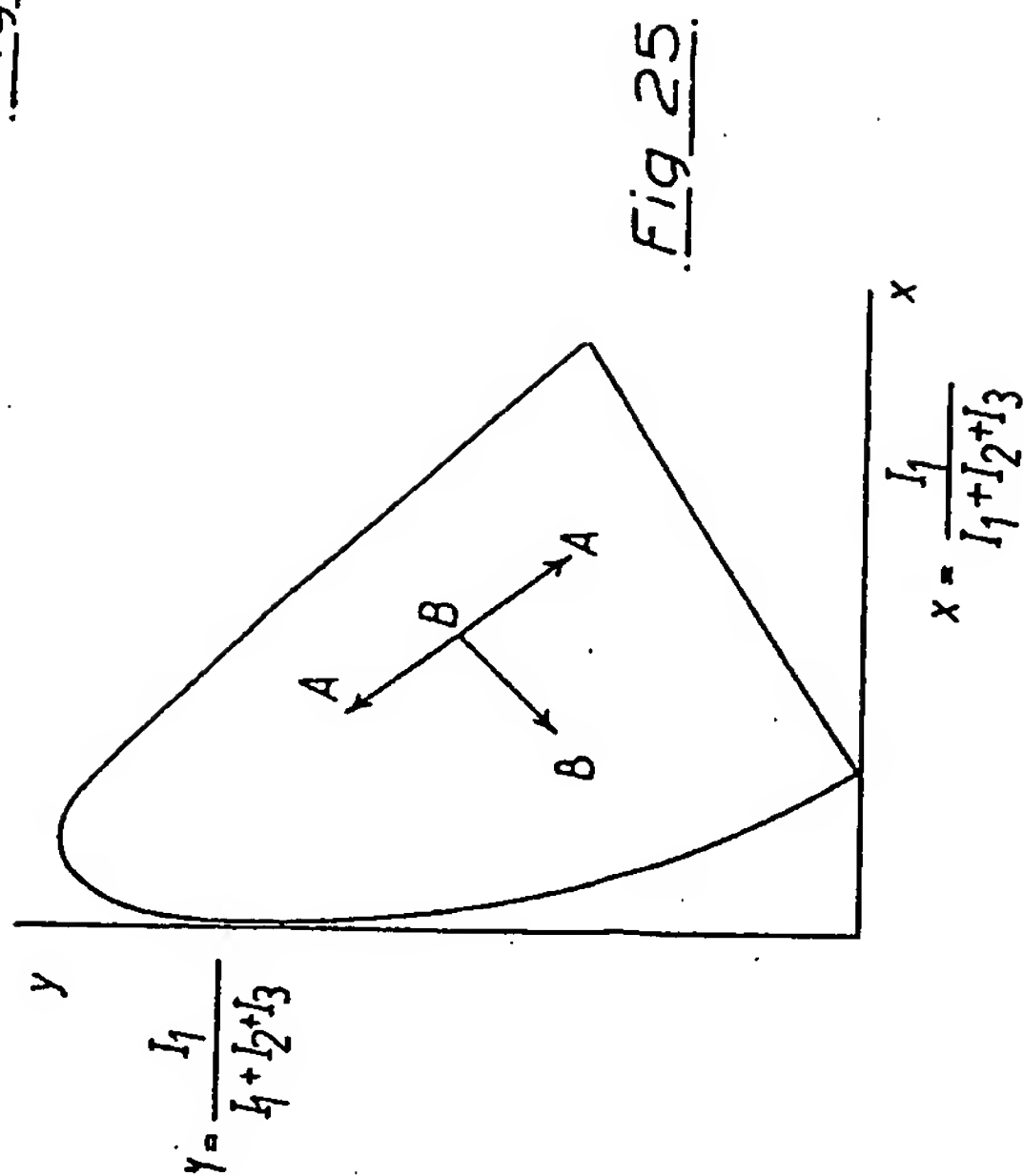


Fig. 27

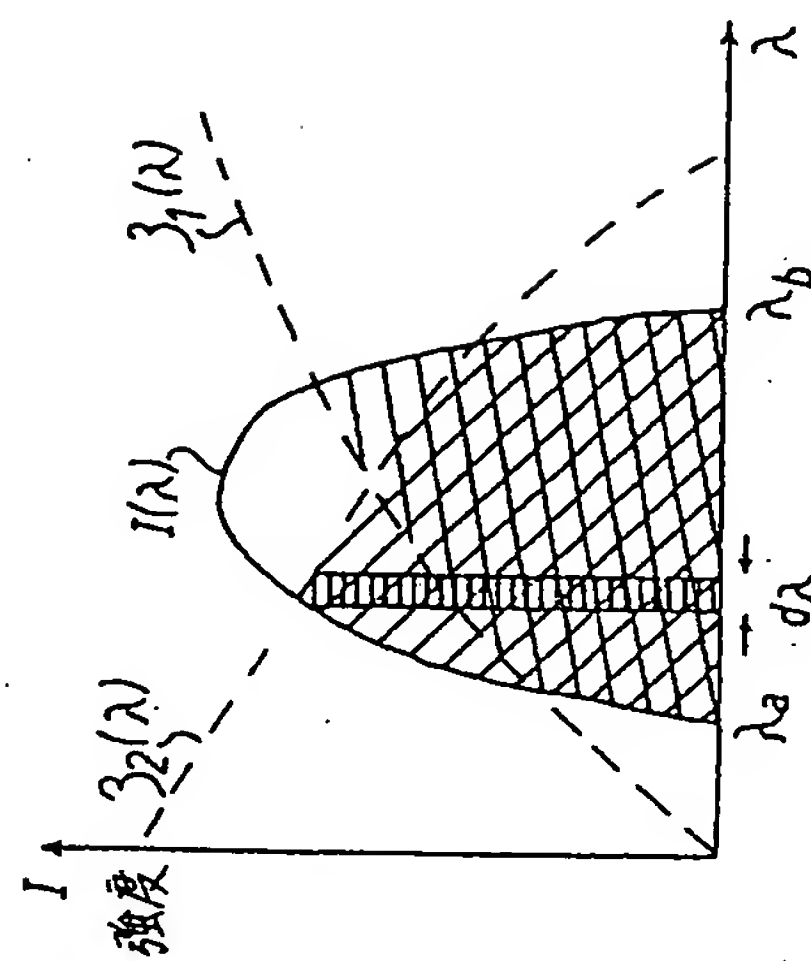


Fig. 28

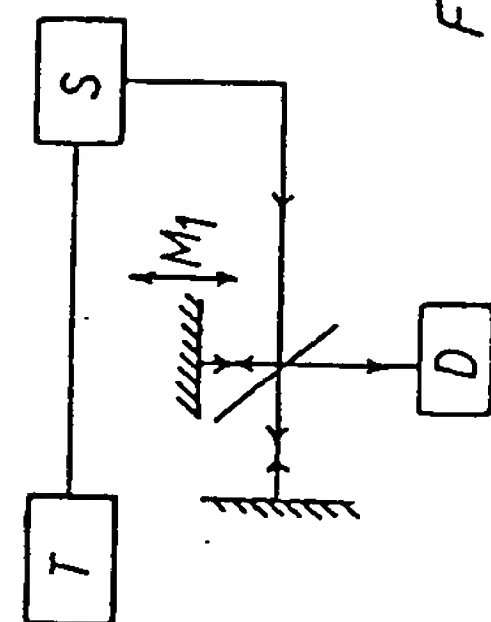


Fig. 29

第1頁の続き

優先権主張

⑦発明者

⑧1985年11月25日⑨イギリス(GB)⑩8528982

アカナブラジャダ ナ イギリス国 エル48 2エイチピー, ウェスト カービイ
ラヤナ プラサド ー サリー ドライブ 2